



McCormick X7.670 VT-Drive

sencillo, inteligente y robusto



Los días 20 y 21 de junio nos reunimos parte del equipo del LPF_TAGRALIA en el concesionario Talleres Valmaña de Teruel para efectuar una prueba de campo con un McCormick X7.670 VT-Drive, que ha resultado ser un tractor con una muy ajustada relación peso/potencia, una enorme plasticidad del motor, y un gran acierto en la combinación de la gestión inteligente del motor y la transmisión CVT del fabricante ZF.

**Pilar Barreiro,
Wilson Valente Da Costa Neto y
Miguel Garrido Izard.**

LPF_TAGRALIA, UPM-CEI Moncloa.

La prueba tuvo lugar en Mezquita de Teruel con la colaboración del dueño del tractor Herminio Rufino Sancho Iñiguez. El conductor en las pruebas fue Daniel Valmaña (del concesionario), y fuimos apoyados técnicamente con todo detalle por Enric Armengol y Pedro González, responsables de la marca. En la pruebas verificamos el sistema de gestión inteligente del motor y la modulación de la transmisión continua (CVT) en labores a la toma de fuerza (siega) y en transporte. Cuantificamos también la calidad de la iluminación nocturna, la distancia de frenado y el radio de giro, evaluando la calidad de la suspensión del eje delantero y de la suspensión de la cabina mediante acelerómetros.

Características técnicas

En el tractor McCormick X7.670 VT-Drive encontramos una relación peso/potencia que varía entre 49 kg/kW (vacío y sin lastres) y 63 kg/kW (con lastre delantero de 1.400 kg), no recomendándose el hidrofchado en los neumáticos. Está dotado de un motor Betapower de 6 cilindros Tier 4 SCR, con turbocompresor e intercooler capaz de entregar su potencia máxima a 2.000 rev min⁻¹ y un par máximo prácticamente constante (800 Nm) entre 1.050 y 1.600 rev min⁻¹. El par máximo puede alcanzar los 900 Nm en la versión Power Plus, lo que permite un funcionamiento más suave y constante (**cuadro I**).

El tractor McCormick X7.670 VT-Drive está dotado de un tanque de combustible de 320 litros, 40% menos que los tractores de la misma gama. La transmisión continuamente variable (CVT) es capaz de modular infinitamente la velocidad en las cuatro gamas mecánicas, pudiéndose programar la velocidad en cada una de las cuatro etapas (V1, V2, V3 y V4) entre 0 y 40 o 50 km/h con la única limitación que la velocidad máxima en una etapa no puede ser superior a la velocidad máxima de la etapa siguiente, y con progresión similar de velocidades tanto hacia atrás (límite de 30 km/h), como adelante. Cabe destacar que, al tratarse de una transmisión continua (CVT) no hay saltos entre gamas.

CUADRO I.

Características técnicas del tractor McCormick X7.670 VT-Drive

Motor	Tier 4 interim/stage 3B/Betapower
Potencia máxima (kW/CV) (ISO TR14396-ECE R120)	133/181
Potencia máxima con gestión de potencia del motor (kW/CV) (ISO TR 14396-ECE R120)	143/195
Potencia nominal (kW/CV) (ISO TR 14396-ECE R120)	129/176 o 140/191
Nº cilindros/cilindrada (cm³)/válvulas	6/6.728/24
Diámetro/Carrera (mm)	104/132
Régimen nominal (r/min)	2.200
Máx.par motor (ISO TR14396@1300 1400 r/min) (Nm)	752 (810)
Reserva de par estándar/ (Con power plus) (%)	34% (33%)
Volumen depósito combustible (l)	320
Volumen depósito AdBlue (l)	38
Nivel de emisiones	n.i.
Transmisión	
Tipo	Variable continua VT-Drive (4 gamas CVT); inversor bajo carga; bloqueo de diferencial trasero con mando electrohidráulico.
Mínima / máxima velocidad @ 2.200 r/min (km/h)	0,05/40 o 50
Elevador	
Capacidad máx. del elevador trasero de levantamiento en las rótulas (kg)	9.300
Capacidad máx. del elevador delantero (durante toda la fase de elevación) (kg)	3.500
Ejes	
Suspensión del eje delantero	Electrohidráulica. Independiente
Ángulo de giro (°)	55°
Radio de giro (m)	5,4
Sistema hidráulico	
Sistema de centro cerrado con línea sensora de carga (CCLS)	Sí
Caudal de la bomba principal estándar	123 l/min
Caudal total	167 l/min
Pesos	
Tara	7.360kg con los depósitos vacíos y sin contrapesos
PMA	12.000 kg
Dimensiones	
Ancho mínimo (mm)	2.430
Longitud total (mm)	5.360 (com lastro)
Distancia entre ejes (mm)	2.820
Luz libre (mm)	550
Ancho de vía (mín/máx) (mm)	2.430
Con ruedas traseras	650/65R42
Con ruedas delanteras	540/65R30



lzda. Acceso a las unidades de refrigeración. Drcha. Mandos de accionamiento de la toma de fuerza y el elevador en el guardabarros trasero.

El tractor McCormick X7.670 VT-Drive muestra una gran facilidad de acceso a los radiadores para su limpieza, así como un ventilador de núcleo viscoso que limita el consumo cuando la demanda de refrigeración es limitada.

Este tractor con transmisión continuamente variable (CVT) dispone de cuatro modos de funcionamiento:

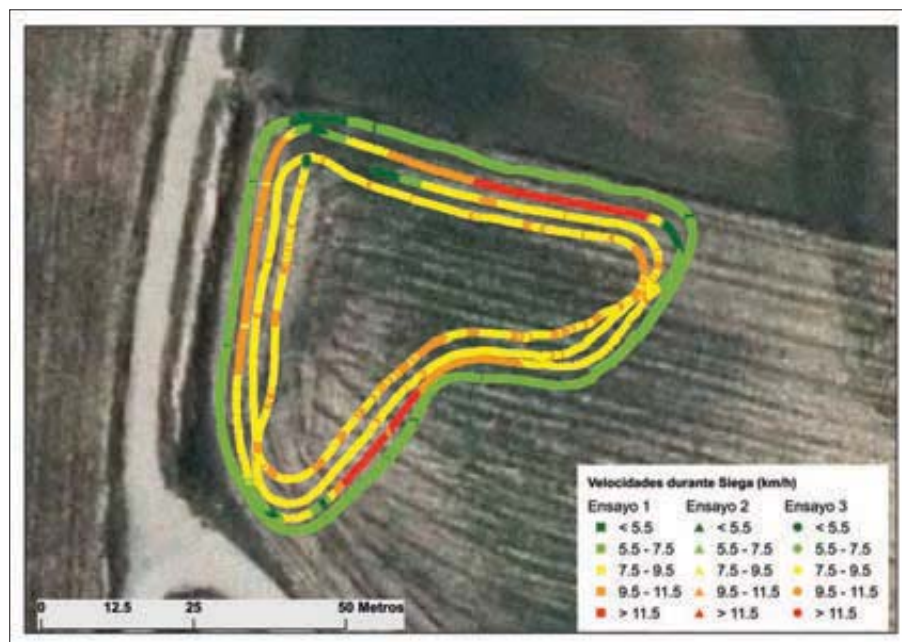
- Automático. La electrónica tiene el control del régimen del motor y de la relación de transmisión para conseguir las prestaciones solicitadas con la máxima eficiencia.
- Manual. El operador fija el régimen de vueltas del motor y la electrónica controla la relación de transmisión.
- Toma de fuerza. El operador fija la revoluciones del motor y activa la tdf. La electrónica limita a la mínima expresión la caída de vueltas del motor y gestiona la relación de transmisión.
- Cruise. El operador fija la velocidad de avance del tractor, y ésta se mantendrá a pesar de las variaciones de carga.

En cuanto a sus dimensiones, el tractor McCormick X7.670 VT-Drive destaca por el despeje (luz libre en torno de 5 cm más alto que la norma) y por sus proporciones de ancho mínimo y entre ejes (batalla) con una diferencia de 40 cm, lo resulta en una geometría menos rectangular (más cuadrada), lo que contribuye a una mejor maniobrabilidad.

Ensayo con segadora de discos

El primer ensayo seleccionado refiere a un apero accionado a la toma de fuerza a 1.000 rev min⁻¹, una segadora arrastrada Kverneland Taarup 4032R de 3,2 m de ancho de trabajo. Esta es la única tarea accionada que podía realizarse el 20 de junio en Teruel. La **figura 1** muestra los cuatro recorridos concéntricos realizados a distinta velocidad programada. Para ello, el usuario selecciona el modo de tra-

FIGURA 1. Recorridos concéntricos realizados a distinta velocidad con una segadora arrastrada.



Izda. Detalle de los virajes durante la siega. Drcha. Vista trasera del tractor y segadora. La productividad superficial osciló entre 6,5 y 19,2 t/ha determinadas in situ.

CUADRO II.

Análisis de varianza de los distintos parámetros básicos del tractor.

	Régimen rev min ⁻¹	Carga %	Consumo l/h	Régimen tdf rev min ⁻¹	N
Valor F	1.498	727	1.384	22,29	-
	**	**	**	**	-
Pasada 1 (6,5 km/h)	1.533	59,1	13,9	935	513
Pasada 2 (12 km/h)	959	51,4	10,72	970	442
Pasada 3 (8,8 km/h)	761	72,1	9,41	1.000	544
Pasada 4 (9,3 km/h)	1.087	62	11,22	918	490

FIGURA 2. Valores instantáneos del motor y de la toma de fuerza en el ensayo de siega.

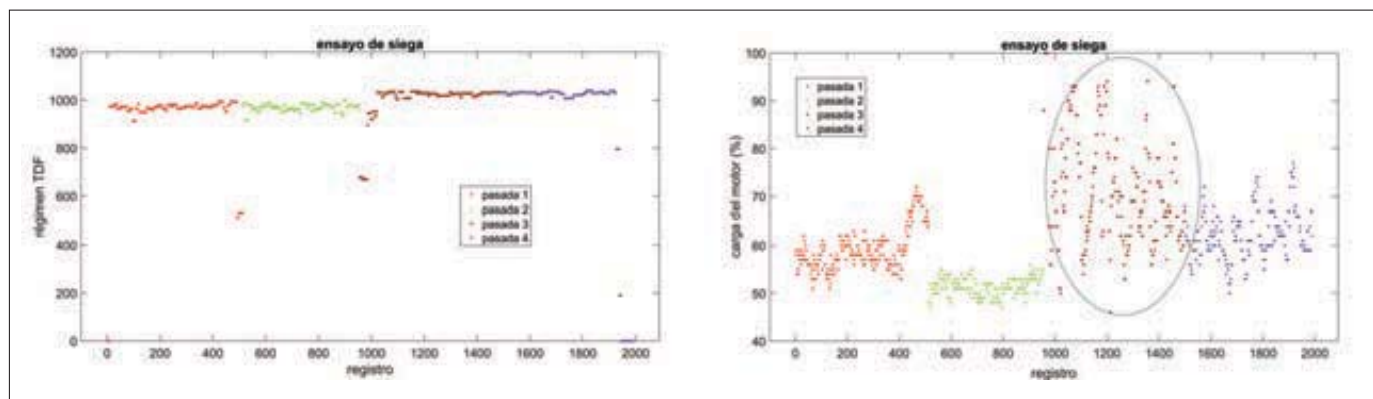
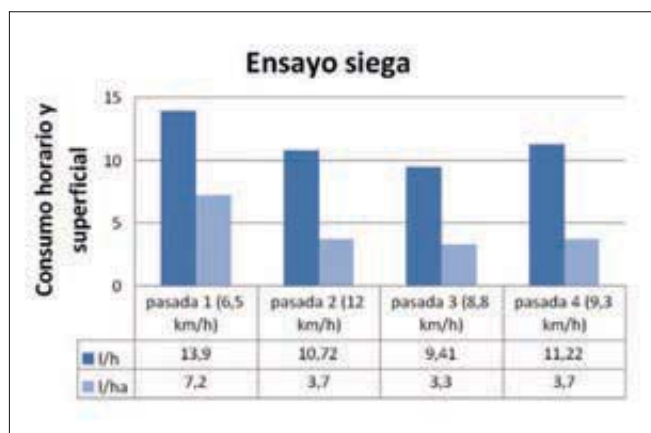


FIGURA 3. Consumo horario (l/h) y superficial (l/ha) en el ensayo de siega.



Carga del remolque con estiércol de oveja. El peso del conjunto tractor-remolque ascendió a 25,5 t.

bajo del motor en tdf, de manera que el régimen de ésta sea el parámetro prioritario en la regulación (el más constante). Además, el operador selecciona la velocidad de avance, en este ensayo: 6,5; 12; 8,8 y 9,3 km/h, y en contrapartida el sistema inteligente de gestión del motor y de la transmisión CVT establece la relación de cambio y la inyección del combustible, mientras evalúa la carga requerida. Queda claro que no se ha empleado un autoguiado pues las pasadas no son perfectamente equidistantes en todo momento. Sin embargo, el trabajo concéntrico evita los virajes y por tanto prácticamente no hay tiempos accesorios con lo que el rendimiento de campo es la unidad (capacidad de trabajo teórica igual a la efectiva);

sólo a 12 km/h se aprecia una gran variabilidad de velocidad de avance debida a la intervención manual del operador en zonas de giro cerrado.

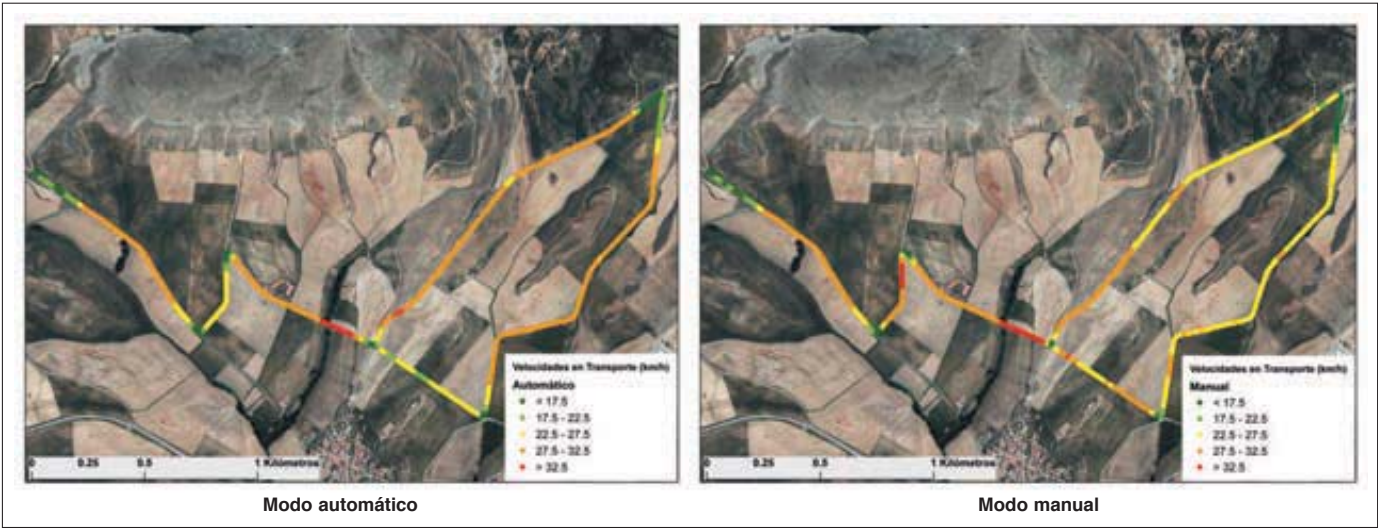
El **cuadro II** muestra el resultado del análisis de varianza sobre los parámetros básicos del motor: régimen (rev min⁻¹), carga (%), consumo horario (l/h), y de la tdf (régimen). Se confirma que el régimen de la tdf es el más estable (F más pequeño). De hecho la variación del régimen de la tdf es apenas un 1,5% de la del motor (22,29/1.498). A 8,8 km/h nos encontramos con el motor trabajando al menor régimen (761 rev min⁻¹) y consumo horario (9,41 l/h), y la mayor carga (72,1%), siendo éstas las condiciones más adecuadas.

La **figura 2** refleja los valores instantá-

neos de motor y de la tdf en el ensayo de siega. Destaca la homogeneidad del régimen de la tdf cuyo valor medio es exactamente 1.000 rev min⁻¹ en el ensayo a 8,8 km/h (marrón). La carga instantánea del motor varía mucho en ese mismo ensayo (8,8 km/h) lo que demuestra la plasticidad en el ajuste de la inyección que ha de adaptarse a las variaciones de productividad superficial de hierba (entre 6,5 y 16,2 t/ha) y de alimentación (aprovechamiento total o parcial del ancho útil).

La **figura 3** compara el consumo horario (l/h) y el consumo superficial (l/ha) determinado a partir del cálculo de la capacidad de trabajo (ha/h)=anchura útil (m) * velocidad (km/h)/10. Se ha considerado la velocidad media real determinada con

FIGURA 4. Ensayo de transporte con remolque cargado en modo automático y manual.



el GPS para el cálculo de la capacidad de trabajo. La conclusión es clara, el ensayo en el que el motor aúna mínimo régimen (761 rev min⁻¹) y mayor carga (72,1%) es la que también muestra menor consumo horario (9,41 l/h) y superficial (3,3 l/ha).

Ensayo de transporte

Como es habitual en las pruebas de tractor, se ha efectuado un ensayo de transporte con remolque cargado (**figura 4**). En este caso, se ha empleado un remolque de 17 t de capacidad y 4 t de tara, cargado con estiércol de oveja. El conjunto tractor-remolque ascendió a 25,5 t de peso que se transportaron en un circuito de 7,9 km en modo automático (gestión inteligente de motor y transmisiones) y manual. La velocidad programada fue de 28 km/h aunque el operador podía recuperar el control en caso necesario.

El **cuadro III** muestra el resultado del análisis de varianza sobre los parámetros de motor (régimen, carga y consumo), así como sobre la velocidad de avance determinada con el GPS. En el **cuadro III** también se incluye el consumo promedio por kilómetro calculado a partir de los valores de consumo horario y velocidad de avan-

CUADRO III.

Resultado del análisis de varianza sobre los parámetros del motor en el ensayo de transporte.						
	Régimen rev min ⁻¹	Carga %	Consumo l/h	Velocidad km/h	Consumo l/km	N
valor F	357	0,03	614	66,2	-	-
	**	ns	**	**	-	-
Automático	1.579	72,5	15,4	24,82	0,6	559
Manual	1.968	72,7	25,6	25,60	1,0	507

ce. El motor no mostró diferencias significativas en el nivel de carga (72% en ambos casos), mientras que las estrategias de conducción difieren muy significativamente en el régimen (1.579 y 1.968 rev min⁻¹ en automático y manual, respectivamente), en el consumo horario (15,4 y 24,6 l/h) y en el consumo por kilómetro recorrido (0,62 y 1 l/km en modo automático respecto al manual).

La **figura 5** muestra los histogramas de los parámetros de motor más significati-

Arriba. Pesaje del conjunto tractor-remolque en báscula.
Abajo. Detalle del ensayo en transporte a 28 km/h de velocidad de consigna.



FIGURA 5. Histogramas de los parámetros de motor más significativos en el ensayo de transporte.

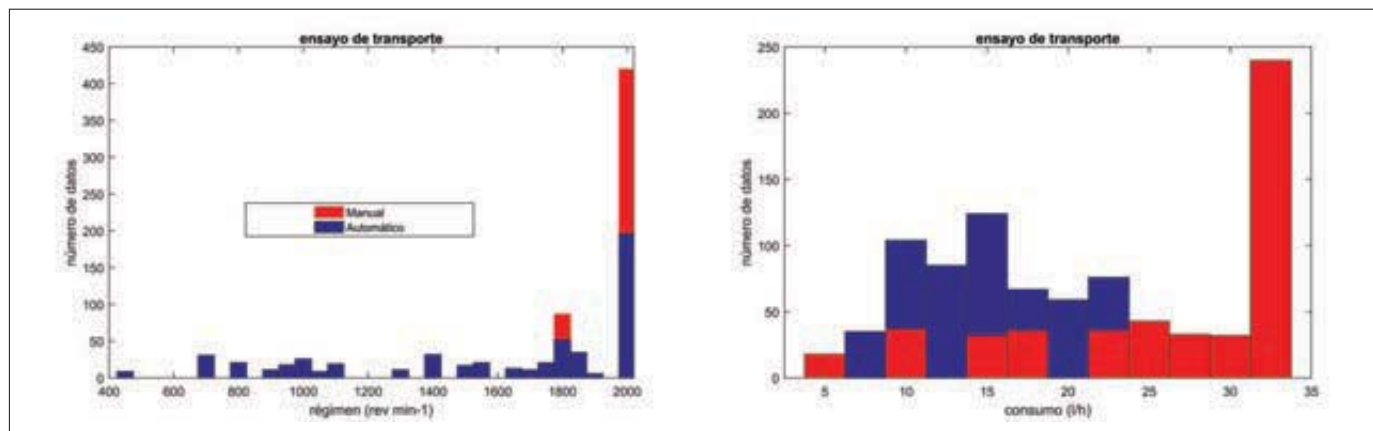


FIGURA 6. Iluminación Led determinada con una app móvil (iPhone 5S y LG D-602).

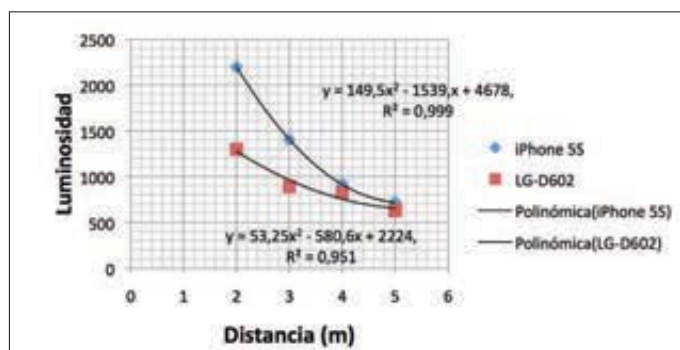
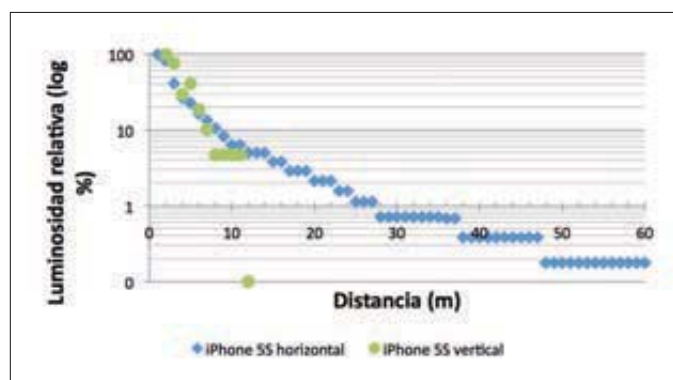


FIGURA 7. Alcance de iluminación horizontal y vertical.



vos: régimen (rev min⁻¹) y consumo (l/h) para el ensayo automático (barras azules) y el manual (barras rojas). Nuevamente destaca la capacidad del sistema de gestión de jugar con régimen y relación de transmisión continua para situar al motor en las condiciones de mínimo consumo (70-75% de carga del motor), mientras que en el modo manual, el operario tiende a un manejo en condiciones poco variables, con un motor sobrerrevolucionado.

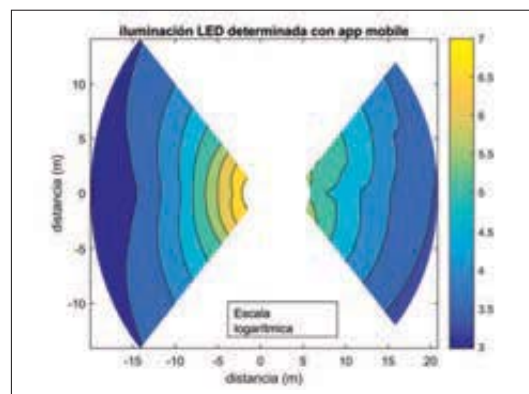
Ensayo de iluminación nocturna

Considerando la disponibilidad de iluminación Led en el tractor, se decidió realizar una evaluación de su utilidad y calidad para trabajos nocturnos. Empleamos

como sistema de registro el luxómetro de dos móviles (iPhone 5S y LG D-602) que se compararon entre sí (**figura 6**). Por otra parte, se estableció el alcance de iluminación horizontal (hacia el frente) y vertical (**figura 7**). El alcance horizontal máximo registrado fue de 60 m, comparado con 12 m de iluminación vertical. Además la atenuación de la iluminación con la distancia es logarítmica en ambos casos, es decir, decrece mucho al inicio.

La **figura 8** muestra la homogeneidad de los perfiles de iluminación a lo largo de un sector circular tanto delantero como trasero: 20 m de radio en el primero y 16 m de radio en el perfil trasero.

FIGURA 8. Perfiles de iluminación a lo largo de un sector circular.



Los contornos de iluminación se han obtenido por interpolación de los valores de luminosidad horizontal, a partir de tres determinaciones radiales (-45°, 0 y +45°) y con una separación longitudinal de 1 m.



Detalle del ensayo de iluminación nocturna.

FIGURA 9. Determinación de la distancia máxima de frenado con el tractor y con el tractor-remolque.

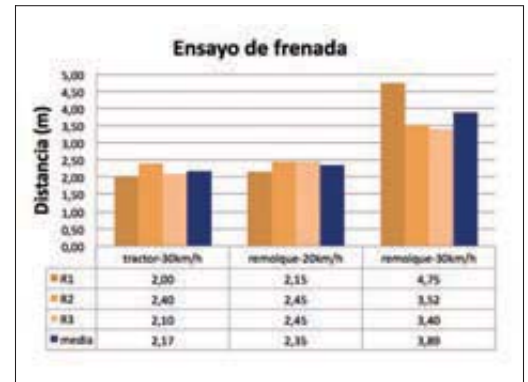


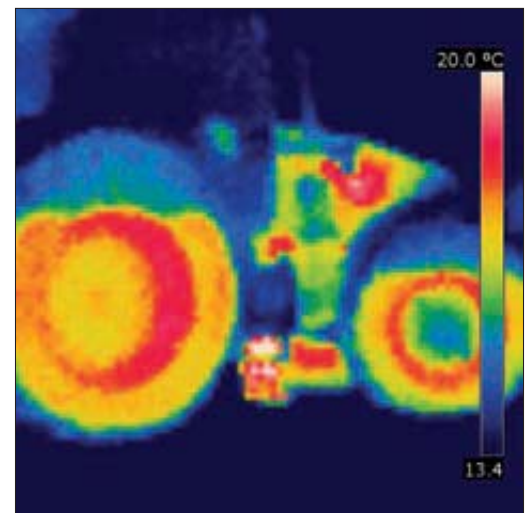
FIGURA 10. Imagen térmica en la que se aprecia el hidroinflado de las ruedas.



Destaca la gran calidad de la iluminación frontal y la existencia de una mayor luminosidad trasera en los laterales que en el centro.



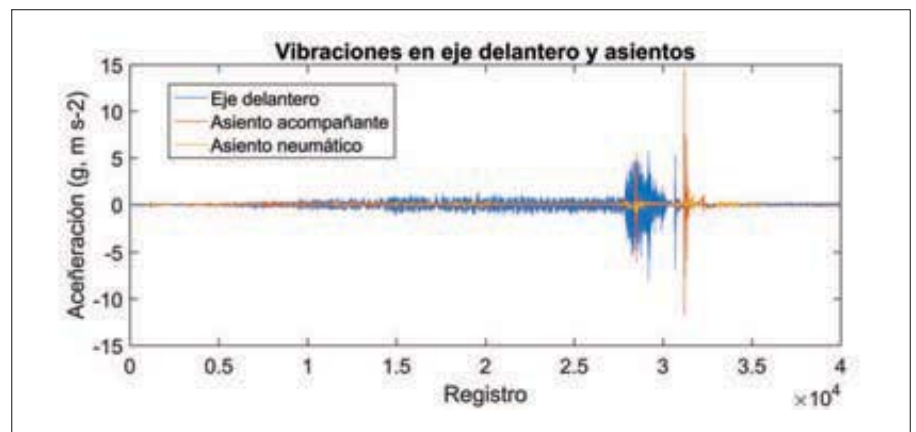
Izda. Panel de instrumentos en el interior de la cabina.
Dcha. Pantalla de visualización Isobus.



Ensayo de frenada

Con el fin de valorar el sistema de frenada, se ha realizado un ensayo consistente en determinar la distancia máxima de frenado (tres repeticiones por modalidad) con el tractor a 30 km/h, así como con el tractor-remolque (25,5 t) a 20 y 30 km/h (**figura 9**); conviene recordar que el tractor disponía de hidroinflado a las cuatro ruedas aspecto desaconsejable pero habitual (**figura 10**). Comprobamos en este ensayo que en cualquiera de los casos la distancia de frenado es inferior a 4 m, incrementándose de 2,17 a 3,89 m (a 30

FIGURA 11. Registros de los acelerómetros durante la prueba de frenada.





Ensayo de frenada con el remolque cargado a 30 km/h.



Determinación de la distancia de frenada del tractor.



Determinación de la distancia de frenada del conjunto tractor-remolque.

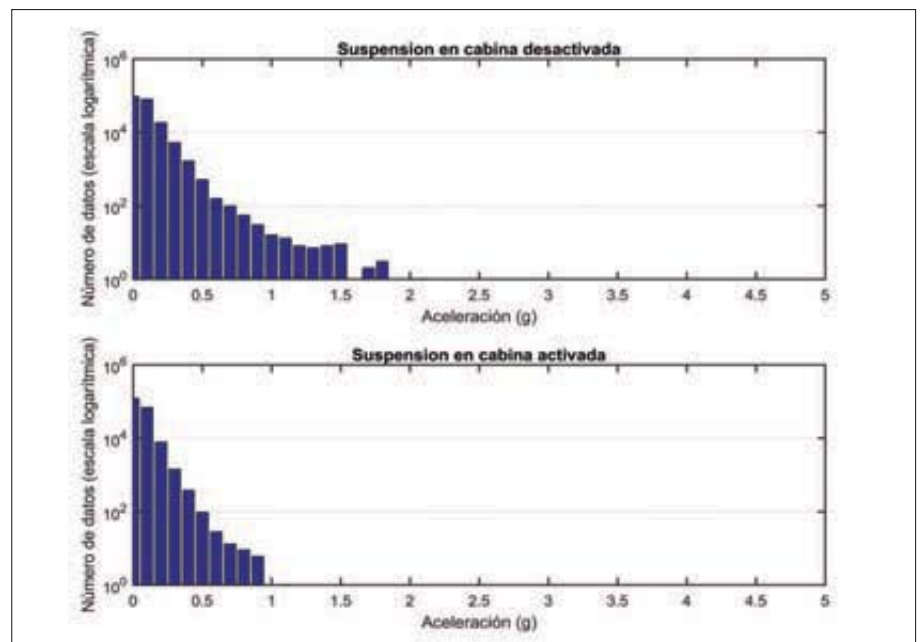


km/h) cuando se compara tractor y conjunto tractor-remolque.

La **figura 11** muestra un ejemplo de los registros de los acelerómetros durante una prueba de frenada. Las vibraciones en el eje delantero (azul) se observan sustancialmente superiores tanto a las del asiento neumático (amarillo) como al del acompañante (sin suspensión). En este último caso (marrón) se aprecian los picos más elevados de deceleración.

En este ensayo, se verificó además el impacto de la suspensión de la cabina sobre las vibraciones del asiento neumático, empleando para ello un acelerómetro situado en el perfil del asiento. La **figura 12** muestra la atenuación de las vibraciones atribuible a la suspensión de la cabina a partir de la distribución de aceleraciones, mucho más amplia sin suspensión que con suspensión activa.

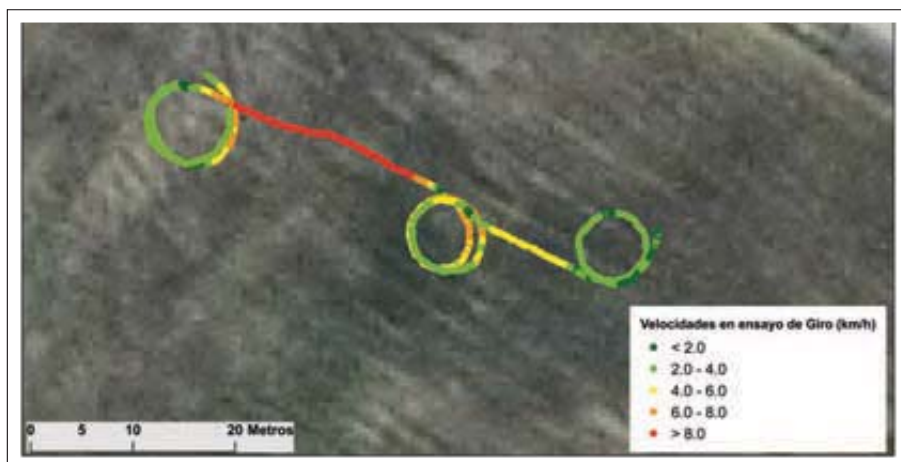
FIGURA 12. Impacto de la suspensión de la cabina sobre las vibraciones del asiento neumático.



Radio de giro

La **figura 13** muestra la trayectoria durante el ensayo para la determinación del radio de giro, efectuado con las ruedas sin frenar, y consecutivamente con la rueda izquierda o derecha frenadas. Los resultados nos indican que el radio de giro del tractor es de 6,35 m sin frenar y de 5 y 5,1 m con las ruedas derecha e izquierda frenadas respectivamente.

FIGURA 13. Ensayo para la determinación del radio de giro (sin frenar y con la rueda izda o drcha frenada).



Vista del ensayo para la determinación del radio de giro.

Conclusiones

El tractor McCormick X7.670 VT-Drive tiene una muy ajustada relación peso/potencia (49 kg/kW) muy aconsejable para evitar compactaciones excesivas. En nuestro país, sin embargo nos encontramos con el hábito de hidroinflar las ruedas indiscriminadamente (para siempre). Nos

queda la labor de hacer comprender a los usuarios el interés de desplazar el hidroinflado en favor de otras posibilidades como la labor de vertedera con guiado que permite que el tractor trabaje sobre el suelo sin labrar, sin los inconvenientes de pérdida de tracción que provoca trabajar en el surco, y evitando que las ruedas queden hidroinfladas para todo.

En este ensayo, en una labor con segadora rotativa (accionada a 1.000 rev min⁻¹),

hemos comprobado la enorme plasticidad del motor que permite mantener constante el régimen de la tdf en todo momento (1,5% de las variaciones del motor), regulando a la baja el régimen del motor y manteniendo el nivel de carga entre el 70 y 75%.

En el ensayo de transporte también hemos verificado el gran acierto de combinar gestión inteligente de motor y transmi-

sión CVT. Observamos cómo en modo manual el usuario tiende por defecto a sobre-revolucionar el motor (que trabaja a baja carga) con consecuencias desastrosas en consumo para el modo manual: 1 l/km en modo manual comparado con 0,6 l/km en modo automático.

El panel de instrumentos es francamente sencillo e intuitivo y la pantalla del terminal virtual es de una gran calidad (supera con creces los problemas de luminosidad en exteriores que antaño fueran habituales).

Hemos comprobado la idoneidad del sistema de frenada integral (frenos traseros y delanteros) mediante ensayo sistemático (doce pruebas) en un conjunto tractor-remolque de 25,6 t incluso a 30 km/h en camino rural; se activa incluso con el freno de mano. En todos los casos la distancia de frenada ha sido inferior a 4 m, obteniéndose la distancia mínima de frenada (2 m) con tractor sin remolque a 30 km/h. El análisis de vibraciones refleja a las claras el efecto de la suspensión en cabina y de la suspensión neumática del asiento.

La iluminación Led es muy potente y se ha llevado a cabo una exhaustiva determinación y cuantificación tanto de la iluminación frontal como de la trasera verificándose ajustes de diseño diferentes para cada caso (iluminación máxima en la zona central en frontal y en los laterales en iluminación trasera), lo que demuestra un claro detallismo (a cada función su diseño).

A modo de conclusión podríamos decir que resulta un tractor polivalente que destaca por su elevada potencia (143 kW/195 CV con gestión inteligente de potencia, 133 kW/181 CV sin gestión) con bajo peso (7.360 kg con los depósitos vacíos y sin contrapesos), pensado para aprovechar al máximo la gestión del motor y la transmisión CVT (continua) sin dañar el suelo agrícola, un recurso escaso a preservar. Este tipo de sensibilidad honra e indica la cada vez mayor interdisciplinariedad de las personas implicadas en el diseño y validación de las máquinas agrícolas. ■